Betrachtungen über die naturphilosophischen Grundlagen der Physiologie.

Von

Otto Meyerhof.

Verlag „Öffentliches Leben".
Berlin 1933.

X105574

Betrachtungen über die naturphilosophischen Grundlagen der Physiologie.

Von

Otto Meyerhof.

Verlag „Öffentliches Leben“.
Berlin 1933.

PHYSIOLOGY

WELLCOME
LIBRARY
Pam (H)
MEYERHOF

Sonderdruck aus den Abhandlungen der Fries'schen Schule,
neue Folge, sechster Band, 1. Heft.
Herausgegeben von Otto Meyerhof, Franz Oppenheimer und Minna Specht.

WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

Vorbemerkung.

Das Nachfolgende stellt eine etwas erweiterte Wiedergabe eines Vortrags dar, der von mir am 10. Januar 1933 in der „Gesellschaft für wissenschaftliche Philosophie“ in Berlin gehalten und in dem Zyklus „Kulturprobleme der Medizin“ in der gemeinnützigen Krankenanstalt Speyerershof bei Heidelberg auf Einladung von Prof. FRAENKEL wiederholt wurde. Der Experimentator empfindet heute wieder stärker das Bedürfnis der Einordnung seiner Arbeiten in den größeren Rahmen eines philosophischen Ganzen. Aus einem solchen Bedürfnis ist auch der vorliegende Vortrag entsprungen. Dabei wird auf eine systematische Vollständigkeit oder Geschlossenheit verzichtet, es werden lediglich einige Beispiele physiologischer Forschung im Hinblick auf ihre naturphilosophische Bedeutung erörtert. Daß die Physiologie bei ihrem nahen Verhältnis zu den exakten Naturwissenschaften, sowie zur Biologie und Psychologie in ihrer Forschung zahlreichen philosophischen Problemen begegnet, mag aus der folgenden Darstellung klar werden; vor allem aber, daß auch heute noch die kritische Philosophie KANTs eine brauchbare Grundlage abgibt, um diese Auseinandersetzung fruchtbar zu machen.

I.

Wenn wir wissen wollen, was in den Aufgabenkreis der Physiologie gehört, in welcher Richtung und in welchem Umfang ihre Probleme lösbar sind, so sagt die Feststellung nur wenig, daß der Physiologe das Studium der Lebensvorgänge betreibt und daß er dabei aus Gründen der Arbeitsteilung den Bau der Organismen sowie die Gesetze seiner Entwicklung andern biologischen Disziplinen zur Bearbeitung überläßt. Was tut der Physiologe mit diesen Lebensäußerungen, kann er sie erklären, führt er sie auf Erscheinungen der unbelebten Natur zurück, oder beschränkt er sich lediglich darauf, zu beschreiben, was die lebendige Natur an Zauberkunststücken hervorbringen kann? Ja, ist vielleicht alles das, worüber er in physikalischer und chemischer Sprache aussagt, nur das jeweils Unbelebte innerhalb des Bereichs des Lebendigen, mit dem die organische Natur etwa so arbeitet wie ein Maler mit seinen Farben? Dann würden unsere physiologischen Aussagen nicht das Gemälde, die organische Schöpfung selbst betreffen, sondern lediglich das leblose Material, die Chemie der Farben und der Leinwand behandeln, und es bedürfte ganz anderer Methoden, um den Inhalt des Gemäldes selbst zu veranschaulichen und zu begreifen.

Wenn wir auf diese Fragen Antwort suchen, schlagen wir am besten das Mittel ein, das sich überall bewährt, wenn man die Voraussetzungen oder Prinzipien irgend welcher Erfahrungstatsachen oder Erkenntnisgebiete aufsucht. Wir gehen aus von der wirklichen Tätigkeit der Einzelforscher; denn in dieser herrscht Einigkeit insofern, als es anerkannte Methoden gibt, die zu an-

erkannten Resultaten geführt haben, also auf unserem Gebiet: echte physiologische Entdeckungen. Würden wir fragen, was die einzelnen Forscher bewußt als ihre philosophischen Voraussetzungen betrachtet haben, so würden wir lauter Widersprüchen begegnen, nicht aber, wenn wir fragen, was sie experimentell tun.

Ehe ich einige Beispiele solcher Entdeckungen kurz skizziere, muß ich noch vorher auf ein Bedenken eingehen, das jüngst von physikalischer Seite gegen jede experimentelle Erforschung von Lebensvorgängen geäußert ist und das noch über die erwähnten Zweifel an dem Erklärungswert physiologischer Forscherarbeit hinausgeht. NIELS BOHR [1] und mit ihm P. JORDAN [2] glauben in der Verfahrensweise der Biologie eine analoge Antinomie gefunden zu haben, wie sie in der Atomphysik bezüglich der kausalen Erklärung eines Elementarvorgangs vorliegt. Ähnlich nämlich wie hier durch die Rückwirkung des Meßinstruments auf den zu untersuchenden Vorgang dieser in unkontrollierbarer Weise so abgeändert wird, daß er nicht mehr derselbe ist, wie er ohne die Einführung des Instruments gewesen wäre, soll auch in der Biologie und zwar bei den Makroereignissen der Biologie der Widerspruch bestehen, daß ein Lebensvorgang nicht gleichzeitig stattfinden und beobachtet werden könne. Vielmehr müsse man zwecks genauer Beobachtung den Organismus töten oder so weitgehend schädigen, daß der dann registrierte Vorgang nicht der ursprüngliche Lebensprozeß selber sei, sondern eher eine Art Absterbeerscheinung, die sich auf Grund des Eingriffs an dem betreffenden Organ oder Element abspiele. Die physiologische Untersuchungsmethode selbst würde sich dann, da sie das Leben zuerst vernichten muß, der Möglichkeit berauben, eine kausale Einsicht in das Lebensgeschehen zu gewinnen.

Wenn wir zu diesem Einwand Stellung nehmen wollen, daß in der Biologie die Schwierigkeiten der Atomphysik ihr Analogon hätten, so müssen wir natürlich außer Betracht lassen, daß auch in den Atomen der belebten Materie, die ja die gleichen sind wie diejenigen der unbelebten, die gleiche Art von Quantensprüngen wie dort stattfinden und daß es daher jedem unbenommen sein mag, in solchen unvollständig determinierten Elementarereignissen, wenn sie sich an bestimmten Stellen des lebenden Organismus abspielen, das Korrelat des willkürlichen Handelns der Lebewesen, oder, wenn sie sich etwa in einem Chromosom abspielen, den Ursprung einer Mutation zu sehen. Wenn aber über diese reinen Spekulationen hinaus irgend eine spezifische Schwierigkeit für die kausale Erklärung in der Verfahrensart der Biologen gesehen wird, so meine ich, daß hierbei die Methoden gerade der produktivsten physiologischen Forschung verkannt werden.

In Rücksicht auf medizinische Zwecke mag man oft gezwungen sein, das komplizierte Zusammenspiel der Funktionen im höheren Tier oder gar im Menschen selber zu erforschen, und kann dann unter Umständen nur durch schwere Eingriffe und dadurch erzielte Ausfallserscheinungen oder Umstimmungen gewisse Einsichten von praktischer Bedeutung erzielen. Sieht man aber hiervon ab, so sucht die allgemeine Physiologie gerade dasjenige zu ermöglichen, was nach Annahme der Physiker undurchführbar sein soll: den Lebensprozeß gleichzeitig unverändert zu erhalten und zu untersuchen. Nehmen wir beispielsweise die Hefezelle als Untersuchungsmaterial, so bedürfen wir überhaupt keiner Isolierungsmethode. Ihr Lebensprozeß schreitet in den Versuchsgefäßen ohne Störung fort, und etwa die Messung ihres Sauerstoffverbrauchs läßt sich so einrichten, daß der Sauerstoffverbrauch selbst dadurch nicht geändert wird. Wenn wir eine solche Ände-

rung vornehmen, gerade zu dem Zweck, den Mechanismus eines derartigen Vorgangs wie z. B. der Atmung aufzuhellen, und etwa zellfremde chemische Substanzen in die Lösung einbringen, so machen wir zur Bedingung, daß die Einwirkung solcher Stoffe reversibel ist, d. h., daß die Atmung mit Entfernung des Stoffes ihre ursprüngliche Höhe wieder erreicht. Wir haben uns dadurch gesichert, daß der Lebensprozeß nicht in unkontrollierbarer Weise geschädigt ist. Die Einwirkung war also etwa dieselbe wie die Ablenkung einer Magnetnadel durch einen Magneten, den wir ihr nähern; entfernen wir ihn, geht die Nadel in ihre alte Stellung zurück.

Handelt es sich um Funktionen im höheren Organismus, studieren wir sie möglichst am überlebenden Organ. Bekanntlich sterben mit dem Tode des Gesamttiers, der vor allem der Tod des Zentralnervensystems ist, nicht alle Organe gleichzeitig. Am leichtesten können wir beim Kaltblüter isolierte Organe erhalten, die stundenlang überleben. So kontrahiert sich ein mit seinem zuführenden Nerven isolierter Muskel nach einer elektrischen Reizung des Nerven ebenso, wie er sich im lebenden Tier auf die natürliche Nervenerregung hin kontrahiert haben würde. Gewiß, manche im ganzen Tier vorhanden gewesene Regulationen sind nun weggefallen, das darf man nicht außer acht lassen, aber der wesentliche Lebensvorgang, den wir studieren wollten, in unserm Beispiel die Muskelkontraktion, ist noch vorhanden. In andern Fällen bedarf es nicht einmal einer solchen Herausnahme aus dem Körper. Etwa die elektrischen Erscheinungen eines Nerven bei der natürlichen Erregung lassen sich genau studieren, wenn der Nerv nur ein Stück weit aus dem Körper isoliert wird und die hierbei vorzunehmenden Eingriffe haben gerade dasjenige, worauf es ankommt, nämlich die natürliche Erregungs-

welle, die sich durch den Nerven fortpflanzt, ungeändert gelassen. Das erwähnte Bedenken der Physiker, daß die Beobachtung den zu beobachtenden Gegenstand verändert, mag vielleicht für die Untersuchungsmethoden der experimentellen Psychologie gelten, das geht uns hier nichts an; für die Physiologie aber, oder allgemeiner: das Studium der Lebensvorgänge gelten sie nicht, jedenfalls dann nicht, wenn man nur die der Forschung allein zugänglichen physikalischen Makrovorgänge berücksichtigt und unbeweisbare Spekulationen über singuläre Elementarereignisse im einzelnen Atom ablehnt.

II.

Die drei Beispiele aus der allgemeinen Physiologie, die ich hier geben möchte, sind mit den genannten Objekten, der atmenden Hefezelle, dem sich kontrahierenden Muskel und der im lebenden Tier isolierten einzelnen Nervenfaser, ausgeführt. Das erste betrifft die chemische Natur der Atmung. Mit dem Aufhören der Atmung, die meist aerob, d. h. mit Sauerstoffverbrauch verbunden ist (manchmal auch nicht), erlischt das organische Leben vollständig. Alle weiteren Funktionen, Wachstum Sekretion, Erregbarkeit, spontane Bewegung, hören auf, und es gibt manche funktionell rudimentären Zellen, deren einzige Lebenserscheinung die Atmung oder allgemeiner der Stoffwechsel ist. Den Stoffwechsel müssen wir daher als einen Lebensvorgang, vielleicht als den allgemeinsten Lebensvorgang betrachten.

In seinen grundlegenden Arbeiten über die chemische Natur der Sauerstoffatmung ist von Otto Warburg[3] gefunden worden, daß diese Atmung auf einem in der technischen Chemie genau bekannten Prinzip, einer Katalyse, beruht, die durch ein bestimmtes, an Eiweiß gebundenes, eisenhaltiges Molekül, ein Hämin,

hervorgerufen wird. Der chemische Bau der Klasse der Hämine ist durch die Forschungen HANS FISCHERs aufgeklärt.[4] Wenn auch die letzten Feinheiten hinsichtlich des Häminbestandteils des Atmungsferments noch nicht eruiert sind, so lassen sich doch synthetische Verbindungen aus bekannten Häminen und Eiweiß oder eiweißähnlichen Verbindungen machen, die katalytische Fähigkeiten besitzen, die denen des Atmungsferments ähnlich sind. Im Prinzip ist danach die Ursache der Sauerstoffatmung aufgeklärt, und es lohnt sich, einen kurzen Blick auf die von WARBURG befolgte Methode zu werfen. Eine entscheidende Versuchsreihe ist diese: Die Atmung der Hefezellen wird durch Kohlenoxyd im Dunkeln gehemmt, im Licht geht diese Hemmung zurück. Belichtet man mit gemessenen Lichtintensitäten mit spektral zerlegtem Licht, so wirken die verschiedenen Wellenlängen verschieden stark auf die Wiederherstellung der Atmung. Zeichnet man die für gleiche Wirkung nötigen Lichtintensitäten durch das ganze Spektrum hin auf, so erhält man genau das Absorptionsspektrum eines Hämins, denn die Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments ist es, die im Licht gespalten wird und die auf diese Weise chemisch erschlossen wird. WARBURG hat diese Methode der Spektralanalyse der Gestirne verglichen; denn auch die Substanz des Ferments ist, obwohl räumlich nah, doch zugleich unerreichbar fern wie die Substanz der Sterne — einmal wegen ihrer verschwindend geringen Menge neben zahllosen ähnlichen Verbindungen der Zelle, dann aber vor allem, weil die Wirkung des Ferments, an der man es identifizieren kann, nämlich der Atmungsvorgang, vernichtet würde, wenn man es aus der Zelle herauslöst. Wir sehen also, daß mit einer echt physiologischen Methode das Leben der Zelle nicht zerstört, sondern gleichsam durchsichtig gemacht wird.

Ich schließe hier unmittelbar ein weiteres Beispiel an. Bei der Oxydation, der Verbrennung der Nährstoffe an künstlichen Katalysatoren in vitro, wird natürlich dieselbe Wärme frei wie im Tierkörper selbst. Das folgt aus dem Prinzip der Erhaltung der Energie; aber in vitro geht die chemische Energie direkt in Wärme über, im Organismus wird damit das übrige Lebensgetriebe unterhalten. Wie geschieht dies nun? Und wozu ist die Atmung, oder allgemeiner: die Produktion chemischer Energie nötig? Denn mit dem Stoffwechsel ist immer auch ein Energiewechsel verbunden, und dieser steht zu den sonstigen Lebensvorgängen in einer übersichtlicheren Beziehung als die Größe des Stoffumsatzes. Was ist das Besondere der lebendigen Zelle, das diesen dauernden Stoff- und Energie-Umsatz nötig macht?

Wir kennen den schon im Altertum, aber besonders klar von LEONARDO DA VINCI benutzten Vergleich der Lebewesen mit einer brennenden Kerzenflamme. Die Form erhält sich nur infolge des dauernden Durchströmens der Substanz, also eines Stoffwechsels, und wie in der Zelle ist es die Oxydation von Kohlenstoffverbindungen, die die stationäre Form der Flamme veranlaßt. So weit aber auch dieser Vergleich geht, der die brennende Flamme geradezu zum Symbol des Lebendigen stempelt, er reicht nicht mehr aus, wenn wir uns klar machen, daß die Zelle nicht nur eine sich stationär erhaltende Form ist, sondern daß sie daneben über bestimmte, relativ dauerhafte Maschineneinrichtungen verfügt, mit denen sie bestimmte Arbeiten vollbringen kann, Ausscheidung von Stoffen entgegen dem Konzentrationsgefälle, chemische Synthesen unter Energieaufwand, Wachstums- und Bewegungsvorgänge. Und diese beiden Seiten des Lebendigen, einmal der Zustand des dauernden Ungleichgewichts, in dem sich die stationäre Form nur unter fortwährender Neubildung von Körpersubstanz erhält, und

dann die Fähigkeit, in raschem Wechsel die verschiedensten Arbeitsleistungen zu vollbringen, hängen innig zusammen.

Wenigstens in einem Fall, für den Stoffwechsel des Muskels, hat sich nun ein tieferer Einblick in den Mechanismus gewinnen lassen, durch den die Übertragung der Energie von der Atmung auf das Arbeit liefernde System besorgt wird.[5] Es hat sich dabei eine eigentümliche Reaktionsweise des Lebendigen enthüllt, der wir in der unbelebten Natur nicht begegnen.

Das Schema derselben ist das folgende: Der primär energieliefernde Vorgang, die Sauerstoffatmung, ist mit einem Kreisprozeß gekoppelt, der seinerseits aus zwei Teilen besteht, einem freiwilligen, Aufspaltung eines größeren Moleküls in kleinere Bruchstücke, und einem unfreiwilligen, der Synthese des Ausgangsstoffes aus den Bruchstücken. Die Koppelung der Atmung aber besteht mit diesem synthetischen Abschnitt, der durch die Energie der Atmung erzwungen wird. Aber auch dieser Spaltungsvorgang, der fortlaufend durch die Atmung rückgängig gemacht wird – es handelt sich um den Zerfall von Zucker in Milchsäure –, bewirkt nicht selbst die eigentliche Funktion des Organs, vielmehr ist dieser Kreisprozeß mit einem andern Kreisprozeß gekoppelt, in dem die Spaltungsphase, nämlich die Milchsäurebildung, die unfreiwillige Synthese einer andern Substanz, einer komplizierten Pyrophosphorsäureverbindung, erzwingt, die ihrerseits freiwillig in ihre Bruchstücke zerfällt. Und auch dies ist noch nicht das Ende, sondern eine dritte Verbindung (Kreatinphosphorsäure) macht wieder einen solchen Kreisprozeß durch, und dieser ist in gleicher Weise mit dem vorigen gekoppelt. Wir haben also hier drei fortlaufend in einander gefügte Kreisprozesse, und davon ist wenigstens der letzte schon so spezifisch für die Muskelarbeit, daß er in keinem andern Organ in ähnlichem Umfang zu finden ist.

Damit fällt nun ein deutlicheres Licht auf die Frage, warum der Energieverbrauch in der Atmung nötig ist. Alle diese Kreisprozesse spielen sich schon im ruhenden Organismus ab, im Zusammenhang mit der Funktionsbereitschaft. Und obwohl jeder einzelne Kreisprozeß einen hohen Nutzeffekt besitzt, so doch keinen idealen. Es geht daher auf jeder Stufe eine gewisse Menge Energie verloren, die durch die Atmung dauernd ersetzt werden muß. Diese Unterhaltung chemischer Kreisprozesse scheint ein ganz spezifisches Wirkungsprinzip des lebenden Organismus zu sein.

III.

Machen wir einmal nach diesen beiden Beispielen aus dem Gebiet des Zellstoffwechsels halt, so sehen wir unzweifelhaft einen Lebensvorgang vor uns, den wir jedenfalls so weit auf Vorgänge der unbelebten Natur zurückgeführt haben, daß wir verstehen, aus welchem Grunde die Nährstoffe im Körper so rasch oxydiert werden und wie die hierbei freiwerdende Energie dazu dient, den stationären und funktionsbereiten Zustand der Organe aufrecht zu erhalten. Und sicherlich werden wir über beides mit der Zeit noch mehr erfahren, sodaß es zum Beispiel dann nur ein rein chemisches Problem sein wird, festzustellen, wie die spezielle Molekülstruktur des Häminkatalysators mit seiner Funktion in der Zelle verknüpft ist.

Hätten wir nun mit einer solchen Kenntnis einen Lebensvorgang aus den Erscheinungen der unbelebten Natur völlig verstanden? Diese Frage müssen wir trotz allem mit einem glatten Nein beantworten. Was haben wir getan? Wir haben durch eine Reihe körperfremder Eingriffe, auf die die Zelle nicht mittels vitaler Gegenmittel, sondern physikalisch-chemisch zu reagieren gezwungen wurde, den Mechanismus enthüllt, dessen sie sich bei

ihren Lebensäußerungen im Dienst ihrer Selbsterhaltung bedient. Wir haben damit alles erreicht, was auf diesem Gebiet mit physiologischer Forschung erreicht werden kann. So ähnlich würde unser Urteil lauten müssen, wenn wir andere elementare Zellfunktionen, etwa ihre abgestufte Durchlässigkeit für verschiedene Substanzen, ihr Ausscheidungsvermögen u.s.w. besprochen hätten. Stets würden wir mehr oder weniger bestimmt den physikalisch-chemischen Mechanismus aufdecken können, durch den die betreffende vitale Funktion bewerkstelligt wird. Aber wir haben in jedem Fall für unsere Erklärung der Vorgänge eine entscheidende Prämisse gemacht. Wir haben nämlich die Zellen in ihrer besonderen chemischen und morphologischen Beschaffenheit von vornherein als fertig vorhanden angenommen. Die Zelle selber ist aber aus unbelebtem chemischem Material entstanden, und dabei hat sich in ihr unter anderm jenes eigentümliche Häminmolekül erst gebildet, das in einzigartiger Weise befähigt ist, Sauerstoff auf Nährstoffe zu übertragen, und es haben sich alle übrigen chemischen und morphologischen Beschaffenheiten herausgebildet, die in unübertrefflicher Weise die Selbsterhaltung der Zellen unter den wechselnden Umgebungsbedingungen und ihre Fortpflanzung, also das dauernde Erhaltenbleiben von Organismen garantieren. Für eine restlose Zurückführung auf Unbelebtes wäre zu verlangen, daß nicht nur all dies, also Massenwachstum, Formbildung, Differenzierung, Vererbung und Entwickelung, sondern ganz allgemein die Fähigkeit einer koordinierten Selbstbehauptung der Lebewesen aus den Eigenschaften der unbelebten Natur chemisch und physikalisch erklärt werden könnte.

Ich muß selbstverständlich darauf verzichten, diese Probleme, die der allgemeinen Biologie angehören, im einzelnen zu diskutieren, aber jede Diskussion kann wohl nur zu dem einen Er-

gebnis führen: Was auch immer die kausale Analyse zum Verständnis einzelner Teilvorgänge leisten mag, die auf Selbsterhaltung gestellte Struktur- und Funktionseinheit des Organismus ist in jeder Einzelheit so sinnvoll und so spezifisch, daß wir auf Grund der Mechanismen der unbelebten Natur keine hinreichende Ursache dafür finden können. Wir können nur gewisse einfachere Analogien sich selbst erhaltender Systeme im Anorganischen aufzeigen. Solche Analogien finden sich in elementareren Ganzheiten, niedrigeren Organisationsstufen der Materie, die auch ein deutliches Bestreben der Selbsterhaltung zeigen und auf Grund einer inneren Wechselwirkung der Teile Eigenschaften besitzen, die nicht als Summe der Eigenschaften der einzelnen Bestandteile erklärt werden können. Einige solche aus innerer Wechselwirkung ihrer Teile entstandenen Bildungen bewahren auch wie der Organismus ihre Form unter Hindurchströmen des Stoffes und passen sich dabei bis zu einem gewissen Grade den Umgebungsbedingungen an. Ein solches Beispiel, die Flamme, habe ich schon erwähnt. Ein anderes ist etwa ein Flußlauf, der durch den Wasserkreislauf der Erde unterhalten wird (derartige Gebilde einschließlich der Organismen hat der Anatom BLUMENBACH als „Naturtriebe“ bezeichnet und KANT und FRIES haben diese Bezeichnung übernommen). In einer anderen Richtung, nämlich in ihrer Fähigkeit zu kristallisieren, zeigt wieder allgemein die Materie Ähnlichkeit mit dem Wachstum und der Strukturbildung der Organismen; aber alle diese Beispiele verraten im Vergleich zum Lebewesen nur eine ganz schwache Tendenz des makroskopisch zusammengeballten Stoffes, sich in stabilen Ganzheiten zu organisieren; und diese Ganzheiten dürften noch aus der nächst niedrigen Organisationsstufe, dem Bau der chemischen Moleküle weitgehend zu verstehen sein.

Eine weitaus bessere Analogie, die aber natürlich auch immer nur Analogie bleibt, gibt die niederste bisher bekannte Organisationsstufe der Materie ab: das Atom. Das Atom ist ja eine ungewöhnlich stabile dynamische Einheit. Ein seiner Elektronen beraubter Atomkern ist imstande, seine Elektronenhülle vollständig zu regenerieren, und wir dürfen wohl auch sagen, daß ein solches fertiges Atom Eigenschaften besitzt, die niemals aus den Eigenschaften der isolierten Einzelteile, etwa der für sich bestehenden Protonen und Elektronen, abzuleiten sein würden. Die gestaltsmäßige und dynamische Ganzheit des Atoms bedingt hier neue Fähigkeiten wie etwa die Serienspektren, die nur unter Voraussetzung des vorhandenen Atoms, aber nicht mehr aus seinen einzelnen Teilen für sich erklärbar sind. In diesem Punkte treffe ich nun wieder mit NIELS BOHR zusammen, wenn er sagt: „Die Unzulänglichkeit der mechanischen Analyse der Atomstabilität bildet eine enge Analogie zu der Unmöglichkeit einer physikalischen und chemischen Erklärung der charakteristischen Lebensfunktionen." Nur meine ich nicht, wie er, daß es dasselbe experimentelle Paradoxon der Atomphysik sei, das uns hier im Wege ist und das er bezüglich der Biologie in die Worte kleidet: „Die kleinste Freiheit, die wir den Organismen (im Experiment) gestatten müssen, ist gerade groß genug, ihnen zu ermöglichen, ihre letzten Geheimnisse zu verbergen." Meiner Ansicht nach wiederholt sich im Organismus auf einer höheren Stufe das Organisationsproblem des Atoms, daß wir außerhalb dieser Organisationen keine Erscheinungen antreffen, aus denen wir induktiv Naturgesetze ableiten können, die über die Ganzheitseigenschaften der enstandenen Gebilde etwas aussagen können. Gewiß darf man sagen, die formativen und funktionellen Kräfte, die die Materie in den Lebewesen offenbart, seien schon vorher latent in ihr vorhanden. In dieser

Richtung kann man etwa die spezielle Eignung des Kohlenstoffatoms zu komplizierten Verbindungen und vieles Ähnliche anführen, aber für die eigentlichen Gestaltungsvorgänge des Lebendigen, wie Reproduktion, Vererbung, Regeneration u.s.w., fehlt uns die Möglichkeit, sie schon im Anorganischen aufzuzeigen.

Die entsprechende Schwierigkeit einer solchen Zurückführung ist beim Übergang vom Atom zu seinen Elementarbestandteilen aus mehreren Gründen undurchsichtiger. Die ganze Materie besitzt bereits die Organisation des Atoms, und die Physik hat sich eine eigene neue Grundlage in der Quantenmechanik erfunden, um in sie alle Voraussetzungen aufzunehmen, von denen der Zusammenhang der Elementarbestandteile im Atom abhängt. Mit Hilfe einer eigens erfundenen Konstruktion wird dann die Zurückführung von einer Stufe auf die niedrigere wenigstens im Prinzip bewerkstelligt. Insofern ist unsere Analogie nicht vollständig. Die Lebewesen machen nur einen kleinen Teil der Materie aus, und es ist klar, daß wir nicht die ganze Physik auf neue Grundlagen stellen können zu dem Zweck, die vitalen Funktionen, wie die Selbsterhaltung, Anpassung und Reproduktion der Lebewesen, als physikalisch einsehbare Folgerungen aus der Theorie der Materie zu deuten. Trotzdem bleibt es zutreffend, daß sich in den Lebewesen eine höhere Organisationsstufe der Materie über die chemischen Moleküle erhebt, in der sich auf Grund der Wechselwirkung ihrer Bestandteile sonst nicht anzutreffende Eigenschaften entwickeln, die der Selbsterhaltung dienen, und zwar nicht nur der Erhaltung der Individuen, sondern darüber hinaus der ganzen Art des betreffenden Organismus oder sogar des ganzen Reiches der Lebewesen. Wenn dies aber richtig ist, so ist eine zureichende physikalische und chemische Erklärung für die Bildung des Organismus unmöglich, unbeschadet der Tatsache, daß in irgend einer

geologischen Epoche zuerst einmal Lebewesen aufgetreten sind, wie in irgend einer kosmologischen Epoche zuerst Atome und Moleküle aufgetreten sind. Das Entstehen des Mikrokosmos ist danach für die empirische Forschung ähnlich unzugänglich wie das Entstehen des Makrokosmos und bleibt ein Feld reiner Spekulation. Diese Spekulation ist niemandem verwehrt, aber kann nur mit Überschreitung der der Naturwissenschaft gezogenen Grenzen, in Rücksicht nämlich auf den Sinn der Welt und den Sinn des Lebens zu Ende geführt werden.[6]

Wir fragen daher zu jeder Erscheinung, wozu sie im Organismus dient, welchen Sinn sie hat, welche Absicht die Natur bei ihrer Hervorbringung hatte. Daß wir den Organismus als einen Naturzweck und die Mechanismen seiner Funktionen als Werkzeuge zur Verwirklichung dieses Zweckes betrachten müssen, hat KANT uns aufs nachdrücklichste in seiner „Kritik der Urteilskraft“ [7] klar gemacht und zwar eben wegen der Unmöglichkeit einer physikalischen Deutung: „Es ist nämlich ganz gewiß,“ sagt er, „daß wir die organisierten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloß mechanischen Prinzipien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können, und zwar so gewiß, daß man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen oder zu hoffen, daß noch etwa dereinst ein NEWTON aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine *Absicht* geordnet hat, begreiflich machen werde; sondern man muß diese Einsicht dem Menschen schlechterdings absprechen.“ Die geringste Überlegung zeigt, daß diese Äußerung trotz der großen Entdeckungen des 20. Jahrhunderts, der Deszendenztheorie, der MENDELschen Vererbungslehre, der Entwicklungsmechanik, unverändert fortbesteht, ja, daß diese Entdeckun-

gen nur als neue Bestätigung der KANTischen These gelten müssen; denn sie setzen stets den fertigen Organismus voraus. Was wäre etwa ein Gen außerhalb der Zelle, in der es wirkt? Nach KANT soll der teleologische Gesichtspunkt nur als regulative Maxime, als heuristisches Prinzip der Forschung gelten, nicht als konstitutives Prinzip der Biologie. Dies ist gewiß vom Standpunkt empirischer Selbstbeschränkung der Wissenschaft zutreffend; aber man wird darum dem Experimentator nicht das Recht verwehren, sich seine Gedanken über den Ursprung jener planmäßigen Ordnung des Lebendigen zu machen. Er wird ein seelisches Agens voraussetzen, das der belebten Materie inhärent ist, dessen Befehlen gleichsam die organische Materie gehorcht und das sich in ihr verwirklicht. Das Lebendige erscheint dann als eine Selbstdarstellung der Natur, oder, wenn man die Konsequenz auch für den Makrokosmos zieht, als die höchste Form solcher Selbstdarstellung. Ohne Absicht der Natur, die sich der physikalisch-chemischen Mechanismen als Mittler der Gestaltung und Erhaltung des Lebendigen bedient, kommen wir nicht aus. Daß der Mechanismus immer dem Technizismus der organischen Natur unterzuordnen ist, hat KANT bereits bemerkt.

Man hat zwar gemeint, die Betrachtung eines Organismus unter teleologischen Gesichtspunkten, seiner inneren und äußeren Anpassung, seiner Planmäßigkeit oder seiner Tendenz zur Selbsterhaltung, was alles verwandte Vorstellungen sind, wäre nur eine Umkehrung der kausalen Betrachtung, indem eben ein Lebewesen nicht existieren würde, wenn es nicht über alle diese der Lebenserhaltung dienenden Einrichtungen verfügte. Eine solche Argumentation geht aber an dem Kernpunkt vorbei, nämlich daran, daß es auf der Grundlage der in der anorganischen Welt uns erkennbaren Kräfte und dynamischen Einheiten allein nicht zu

verstehen ist, daß ein Lebewesen überhaupt existieren kann. Auf Grund dieses Wissens ist die Möglichkeit des Organismus eben unendlich unwahrscheinlich.

Ich möchte gleichwohl die vitalistische Lehre ablehnen, die als Ursache des Organismus eine spezielle Kraft oder Entelechie postuliert als konstitutives biologisches Prinzip, weil sie keinen Ersatz für das Eingeständnis unserer physikalischen Unkenntnis liefert und weil wir, wie gesagt, auch in der unbelebten Natur dem Problem der sinnvollen Organisation begegnen, bei der „das Ganze früher ist als seine Teile". Es ist interessant, daß der Vitalismus deshalb heute beginnt, auch das Atom unter biologischen Gesichtspunkten zu betrachten. Dann bedient man sich allerdings einer eigenartigen Nomenklatur, hat aber die prinzipielle Analogie der Ganzheitsbildungen der anorganischen und organischen Welt und die analoge Problemlage in den beiden Fällen zugegeben.

Soweit aber eine physikalisch-chemische Erklärung der Lebensvorgänge in Frage kommt, setzt diese die für die Makroereignisse der Physik unbestritten geltende Kausalität voraus. Daß unsere physiologischen Kenntnisse nicht über die Makroereignisse hinausgehn, ersieht man schon größenordnungsmäßig. Zum Beispiel sind von den höchst wirksamen Stoffen, wie etwa dem Atmungsferment O. WARBURGs in *einer* Zelle noch immer etwa 100 000 Moleküle vorhanden.[8] Durch die Schwierigkeiten der Atomphysik ist die Frage, ob alle Naturgesetze nur statistischer Art sind und die kausale Verknüpfung nur im Mittel einer größeren Zahl von Elementarvorgängen, aber nicht für den einzelnen Vorgang selbst gültig ist, zu einem allgemeinen Diskussionsthema geworden. Erwiesen ist jedoch die statistische Bedeutung der Naturgesetze nur bei irreversiblen Vorgängen. Für einen reversiblen

Vorgang, etwa die Pendelschwingung, gelangt man nur durch willkürliche Konstruktionen zu einer statistischen Formulierung. Auch scheint es keineswegs zwingend, aus der in der Unschärferelation HEISENBERGs zutagetretenden Unmöglichkeit, den Elementarvorgang kausal vollständig zu determinieren, auf ein akausales Geschehen zu schließen. Man kann diese Problemlage vielmehr mit der Fragestellung der KANTischen Antinomienlehre vergleichen, wo eine vollständige kausale Bestimmung des Einzelvorgangs wegen der Unvollendbarkeit aller anschaulichen Erkenntnis prinzipiell unmöglich ist. KANT folgert aus dieser Einsicht bekanntlich die Lehre des transzendentalen Idealismus, daß die naturwissenschaftlich erkennbare Wirklichkeit nur eine Erscheinungsform der Dinge ist und als solche niemals total gegeben sein kann.[9]

Jedenfalls ergibt sich in der Biologie die statistische Gesetzmäßigkeit nur aus dem Zusammenwirken kausaler Einzelprozesse, wie in der MENDELschen Vererbungslehre oder bei anderen Untersuchungen von ganzen Populationen. Die statistische Betrachtungsweise ist hier nur vorläufig, da sich die individuellen Schwankungen der Analyse mehr oder weniger entziehen. Die kausale Deutung der Lebensvorgänge steht neben der teleologischen; beide sind berechtigt, aber nicht auf ein gemeinsames Prinzip reduzierbar. Etwa die Behauptung, der Lebensprozeß beruhe auf einer Umkehr der Entropie, bzw. die Entwicklung wäre eine Umkehr irreversibler physikalischer Ausgleichsprozesse und stellte eine vom Wahrscheinlichen zum Unwahrscheinlichen führende zeitliche Abfolge dar, ist zwar verführerisch, aber bei genauerem Zusehen willkürlich. Thermodynamisch läßt sich nur die Maschinenfunktion des Organismus belegen, wodurch die Entropiezunahme der Welt zwar verlangsamt, aber nicht umgekehrt wird.[10] Auch die Unterscheidung von mehr oder minder großer Wahr-

scheinlichkeit bei den Lebewesen ist willkürlich, da unter den bekannten physikalischen Gesetzen ja schon die niedersten Lebewesen unendlich unwahrscheinlich sind.

IV.

Ich möchte nun noch auf eine ganz andere Seite der Physiologie eingehen, die unter philosophischen Gesichtspunkten vielleicht noch ein größeres Interesse verdient als die Stoffwechselphysiologie. Bei dieser können wir davon absehen, daß die Lebewesen auch mit Bewußtsein begabt sind. Wenn auch die Annahme nicht von der Hand zu weisen, ja naheliegend ist, daß jede Zelle irgend ein psychisches Korrelat für ihre physiologischen Funktionen besitzt, so begegnet es uns nicht unmittelbar auf dem bisher besprochenen Gebiet. Erkennbar werden uns die psychischen Lebensäußerungen im Zusammenhang mit den Erregungsvorgängen im Nervensystem der Tiere und der Menschen. So wie wir das Recht haben, auf Grund analogen Baues und analoger chemischer Beschaffenheit der Organe die an anderen Organismen studierten chemischen Vorgänge auch beim Menschen vorauszusetzen, haben wir umgekehrt das Recht, auf Grund eines analogen Verhaltens und eines analogen Baues der nervösen Organe die bei uns ablaufenden psychischen Vorgänge auch beim Tier nach Maßgabe der Differenzierung seiner Sinneswerkzeuge und seines Zentralnervensystems anzunehmen.

Auch hier möchte ich mich ausschließlich mit dem Elementarvorgang, dem Erregungsprozeß im Nervensystem beschäftigen. Er ist das letzte physiologische Korrelat der psychischen Vorgänge. Natürlich kann er diese nicht erklären, aber wir können erwarten, für jede besondere Beschaffenheit eines psychischen Vorgangs eine entsprechende Eigenschaft im physiologischen Erregungspro-

zeß wiederzufinden. Ein derartiges physiologisches Korrelat, nämlich dasjenige für die Intensität einer Empfindung, möchte ich hier kurz besprechen.

Der Erregungsvorgang im peripheren Nerven- wie im Zentralnervensystem wird erkennbar durch eine Reihe elektrischer Stromstöße, deren jeder einzelne verursacht ist durch eine chemische Welle, die sich vom Ort der Entstehung, also beispielsweise vom Sinnesorgan, längs der Nervenbahn ausbreitet.

Als es dem englischen Forscher ADRIAN [11] gelang, diese Aktionsströme von einer einzelnen isolierten Nervenfaser eines Säugetiers abzuleiten und sie zu registrieren, während die Nervenfaser mit dem Erfolgsorgan in Verbindung stand, entdeckte er eine eigenartige Geseţmäßigkeit. Wurde die Haut des Tieres an einer Stelle berührt, so verzeichnete das Galvanometer im abführenden Nerven eine Reihe in genau gleichen Zeiträumen aufeinanderfolgender Stromschwankungen von genau gleicher Amplitude. Wurde der Druck auf die Haut verstärkt oder herabgeseţt, so blieb die Amplitude unter allen Umständen gleich, aber die Frequenz der Stromschwankungen in der einzelnen Faser stieg oder nahm ab, je nach der Stärke des Druckreizes. Dieselbe Geseţmäßigkeit ergab sich für andere Sinnesnerven. Stets führte eine adäquate kontinuierliche Reizung des betreffenden Sinnesorgans zu einer diskontinuierlichen Reihe nervöser Impulse, deren einzelner immer gleich bleibt. Dabei transformiert sich die größere Intensität der Reizung stets in eine höhere Frequenz. Wir wissen aber, daß psychisch die stärkere Reizung mit einer intensiveren Empfindung verknüpft ist. Die zeitlich kontinuierliche Empfindung ist also das Korrelat eines zeitlich diskontinuierlichen Erregungsvorgangs, wobei die Intensität der Empfindung durch die Frequenz der nervösen Impulse bedingt ist, und in derselben

Weise wissen wir ja durch andere Untersuchungen, daß auch der Eindruck räumlicher Kontinuität entsteht bei der Erregung diskreter durch Zwischenräume getrennter Nervenpunkte, sobald nur die nächst benachbarten gleichzeitig getroffen sind. Dies gilt zunächst für den Tastsinn, ist aber kürzlich auch für sehr einfach gebaute Augen gewisser wirbelloser Tiere (Limulus) [12] nachgewiesen, wo ebenfalls höhere Lichtstärke eine größere Frequenz der sonst gleichbleibenden Erregung in der einzelnen Nervenfaser hervorruft. Die Netzhaut des Menschen und der höheren Tiere ist allerdings viel komplizierter gebaut, und hier muß man, wie die Untersuchungen von SELIG HECHT [13] gezeigt haben, noch die verschiedene Erregbarkeit der einzelnen nervösen Elemente, der Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, berücksichtigen. Hier entsteht der optische Eindruck kontinuierlicher Erfüllung der Raumpartie, sobald zwei benachbarte, bei der in Frage kommenden Lichtintensität noch erregbare Elemente in dem betreffenden Netzhautabschnitt getroffen worden sind. Hierauf will ich nicht eingehen, da es mir nur auf das Prinzip ankommt.

Dieses dritte Beispiel zeigt uns die physiologische Forschung noch von einer anderen Seite. Der Organismus ist ein psychophysisches Wesen. Daher hat der Physiologe speziell in der Sinnesphysiologie auch die Aufgabe, die Vorgänge im Bewußtsein als Lebenserscheiungen in den Kreis seiner Betrachtung zu ziehen. Wir sehen, wie gerade das mitgeteilte Beispiel uns hier eine prinzipielle Einsicht ermöglicht. Die äußeren Gegenstände, die uns zeitlich andauernd und den Raum kontinuierlich erfüllend erscheinen, bestehen, wie die Physik lehrt, aus diskreten Elementen, auch die Ausbreitung ihrer Wirkungen im Raum beruht auf zeitlich diskontinuierlichen Vorgängen, und wir sehen nun, daß die Vorgänge im Zentralnervensystem, die uns das Bewußtsein

eines raumzeitlichen Kontinuums vermitteln, selbst diskontinuierlich sind, wobei der extensiven Erfüllung des Raumes die Erregung einer mehr oder minder großen Zahl benachbarter Nervenelemente entspricht, während der mehr oder weniger intensiven Erfüllung, d. h. der Intensität der Empfindung, eine höhere oder niedere Zahl von Impulsen in der Zeiteinheit im gleichen Nervenelement parallel läuft.

Auch hier müssen wir aber vor einem Mißverständnis warnen, das schon in der Geburtsstunde der Sinnesphysiologie in Erscheinung trat. JOHANNES MÜLLER, der Schöpfer der Sinnesphysiologie, meinte, in dem Verhältnis des physikalischen Reizes zu der bewußten Empfindung das Verhältnis des KANTischen Ding an sich zum Gegenstand der Wahrnehmung vor sich zu haben, und das von ihm gefundene sogenannte Gesetz der spezifischen Sinnesenergien, wonach jedes Nervenelement auf Grund seiner anatomischen Lage unabhängig von der besonderen Art des Reizes immer auf die gleiche Weise antwortet, betrachtete er als eine physiologische Begründung für den KANTischen transzendentalen Idealismus. Wir werden heute einem derartigen Trugschluß nicht mehr unterliegen. Die Dinge, die wir wissenschaftlich erkennen, die äußeren physikalischen Vorgänge, die Nervenerregung und die Empfindung, gehören zwar zu verschiedenen Erkenntnisgebieten, aber allesamt im KANTischen Sprachgebrauch nur zur Welt als Erscheinung. Auch die Physiologie kann nicht über ihren eigenen Schatten springen, und den Glauben an solche übersinnliche Kunst überläßt sie den modernen Lebens- oder Existenzphilosophien, die meinen, die Chiffreschrift der Natur unmittelbar lesen zu können.

Wenn ich mich auch hier auf Erörterung des Elementarprozesses des Nervensystems beschränkt habe, möchte ich ebenso-

wenig wie bei der Erörterung der elementaren Stoffwechselfunktionen dahin mißverstanden werden, als ob sich das Verhalten eines höheren Lebewesens als Summe solcher Elementarvorgänge beschreiben ließe. Genau so wie die Ganzheit der Zelle neue Eigenschaften bedingt, die nicht aus den Eigenschaften der Zellbestandteile allein erklärbar sind, besitzt die höhere Ganzheit des Organismus als eines Zellenstaates neue Eigenschaften über die elementaren Zellfunktionen hinaus. Hierher gehören die Regulationsmechanismen, die hormonalen und nervösen Korrelationen der höheren Tiere und anderes mehr. Wenn wir den einzelnen nervösen Elementarprozeß einer Tonschwingung vergleichen, so würden die im Zentralnervensystem sich abspielenden koordinierten Innervationsvorgänge eine von einem vielstimmigen Orchester gespielte Symphonie darstellen, deren Lautgestalt und Melodie erst aus dem zeitlichen und räumlichen Zusammenwirken einer Vielheit von Klängen resultiert. Ohne etwas Bestimmtes über die Art der Korrespondenz aussagen zu können, nehmen wir an, daß einer solchen „somatischen Symphonie" ein psychisches Geschehen parallel geht, indem beide verschiedene Seiten eines und desselben Lebensprozesses sind, der bald von der einen und bald von der andern Seite uns deutlicher ist.

In Parenthese mag hinzugefügt werden, daß ein besonderer psychischer Mechanismus, der von PAWLOW entdeckte bedingte Reflex, zeigt, daß die kausale Ordnung des Geschehens nicht willkürlich von unserm Bewußtsein in die uns umgebende Welt hineingedacht wird, sondern zum Aufbau unserer psychischen Funktionen notwendig vorauszusetzen ist.

Das Wesen des bedingten Reflexes ergibt sich etwa aus folgendem Beispiel: Ruft man bei einem höheren Tier oder auch beim menschlichen Säugling mit der Darbietung der Nahrung gleichzeitig einen anderen Sinneseindruck hervor — läßt etwa ein Glockensignal ertönen, zeigt einen bestimmt gefärbten Gegenstand oder Ähnliches — und wiederholt diesen gleichen Sinneseindruck bei einer Reihe weiterer Fütterungen, so ruft späterhin die blosse Demonstration des Zeichens schon eine Sekretion von Verdauungssäften hervor, die

sonst nur mit direkter Nahrungsaufnahme verbunden ist. Da es sich bei dieser Sekretion um einen unwillkürlichen Akt handelt, kommt diese Verknüpfung nicht durch eine bewußte Anwendung des Gesetzes der Erwartung ähnlicher Fälle, überhaupt nicht durch die *Vorstellung* der Kausalität zustande, sondern eben durch einen unbewußten psychischen Mechanismus. Dieser kann aber nur deshalb entstanden sein, weil die Natur so beschaffen ist, daß mit Wahrscheinlichkeit B auf A folgt, wenn vorher wiederholt B auf A gefolgt ist. Nur dann nämlich ist der bedingte Reflex biologisch sinnvoll, das heißt, er dient zur Förderung der Selbsterhaltung des Organismus.

V.

Wir sind jetzt von Problemen des Stoffwechsels auf das Gebiet der Nerven- und Sinnesphysiologie übergegangen, weil wir uns aus den Forschungen der Physiologen ein Urteil über Aufgaben und Ziele unserer Wissenschaft bilden wollten. Dabei ist die Verbindung zwischen der Sinnesphysiologie und derjenigen des Stoffwechsels hergestellt durch die Beziehung auf die psychophysische Einheit des Organismus. Man wird geneigt sein, das Vermögen psychischer Vorgänge, das ja etwas allgemeineres ist als Bewußtsein, allen Zellen zuzuschreiben, wenn auch bei den höheren Tieren die erkennbaren seelischen Äußerungen an bestimmte nervöse Strukturen geknüpft sind. Um sich diesen Gedanken näherzubringen, kann man zum Beispiel an die neuen Experimente des Zoologen SPEMANN und seiner Schüler[14] erinnern, denen es gelang, Epithelzellenschichten in Molchlarven, die sonst zur äußeren Haut werden, durch einen bloßen chemischen Extrakt aus anderm Zellmaterial so umzustimmen, daß sie sich zu Gehirn entwickeln. Wenn man danach durch ein rein chemisches Mittel eine Zellart so verändern kann, daß sie nun zum Träger erkennbarer psychischer Funktionen wird, muß man die Fähigkeit hierzu der Zelle von vornherein zuschreiben. Wir haben es dann also, mag dies im einzelnen Fall mehr oder weniger deutlich sein, in der lebenden Zelle immer mit einem psychophysischen Doppel-

wesen zu tun, dessen körperliche Funktionen einem seelischen Inneren entsprechen.

Schon aus diesem Zusammenhang ergibt sich, daß das physikalische Weltbild, das ausschließlich das raumzeitliche Verhältnis der Gegenstände zu einander im Auge hat und von allen Bewußtseinsvorgängen absieht, nicht imstande ist, die Physiologie als einen Teil in sich aufzunehmen, auch abgesehen davon, daß die morphologisch-funktionellen Besonderheiten des Organismus nicht aus der Physik und Chemie der Atome ganz verstanden werden können.

Aber das ist gerade der Vorteil einer philosophischen Betrachtung, daß sie die Relativität aller solcher Weltbilder ins Licht setzt. Wäre das physikalische Weltbild das einzig naturwissenschaftlich zulässige, so müßte die Physiologie entweder in die Physik aufgehen oder, wenn sie das doch nicht kann, auf den Namen einer exakten Naturwissenschaft verzichten. Aber hier kommt uns gerade der transzendentale Idealismus zu Hilfe, der in seiner allgemeinsten Formulierung sagt, daß es verschiedene Erfassungsarten der Dinge gibt, die nur scheinbar im Widerspruch mit einander stehen. Sobald man die Standpunkte, von denen aus diese Weltbilder konstruiert sind, mit berücksichtigt, enthüllen sie sich als verschiedene perspektivische Zeichnungen, die sich nur dann widersprechen würden, wenn die Zeichnungen mit den Dingen selbst gleichzusetzen wären.

Wir können hier mit einem Wort des KANTschülers JAKOB FRIEDRICH FRIES geradezu von einem Gesetz der Spaltung der Wahrheit sprechen, und es ist kein Wunder, daß biologische Forscher solchen Gedanken leichter zugänglich sind als Physiker, die es nur mit ein und demselben einheitlichen physikalischen Weltbild zu tun haben.

Schon die Änderung des Größenmaßstabes kann eine Aussage über denselben Gegenstand ganz verändern. Betrachtet man etwa mit bloßem Auge eine Landschaftsphotographie, so ist die Aussage, daß hier eine Landschaft dargestellt ist, unzweifelhaft richtig. Sehen wir uns die gleiche Photographie unter dem Mikroskop an, so sehen wir statt der kontinuierlichen Schattierung des Landschaftbildes dunkle Punkte in Schwärmen, ohne andere Gegenstände zu erkennen. Bei noch stärkerer Vergrößerung könnten wir dann den submikroskopischen Bau der Silberkörnchen wahrnehmen. Wir vereinigen alle diese Wahrnehmungen zu einer vollständigen wissenschaftlichen Aussage, wenn wir den Maßstab in die Aussage mit einführen. Aber keineswegs würde es zum Beispiel richtig sein, wenn wir die in der Landschaft enthaltenen Gegenstände auf dem Bilde möglichst genau erkennen wollen, uns des allergrößten Maßstabes zu bedienen. Immerhin können wir hier, wo es sich nur um den Unterschied des Maßstabes handelt, ein System von Zuordnungen herstellen und damit aus den im größten Maßstab registrierten Daten die Bilder des kleinen Maßstabes rekonstruieren — nicht umgekehrt. Sobald es sich aber nicht nur um Unterschiede des Maßstabes handelt, sondern um qualitative Unterschiede, geht ein Element der Willkür in die Zuordnung ein, wenn auch ein jedes wissenschaftliche Weltbild ein geschlossenes System solcher eindeutigen Zuordnungen erstrebt.

Unmittelbar ist uns die Welt der sinnlichen Qualitäten und Gestalten gegeben. Wenn wir nun von allen Eigenschaften der Gegenstände absehen, die je nach unserer Lage zu ihnen wechseln oder nach andern zufälligen Umständen, wie der Beleuchtung und ähnlichem, so verschwinden die sinnlichen Qualitäten, obwohl sie ebenso Beschaffenheiten der Körper sind wie

etwa ihre Ausdehnung und nicht, wie man mit einem komischen Mißverständnis meint, Beschaffenheiten des betrachtenden Subjekts. Die von den wechselnden Sinnesqualitäten befreiten Gegenstände der körperlichen Welt, die wir auf Grund unserer rationalen Erkenntnisformen in einen naturgesetzlichen kausalen Zusammenhang einordnen, konstituieren das physikalische Weltbild, das nur noch die raumzeitlichen quantitativen Beziehungen zwischen letzten Elementen, bewegten Massenpunkten und Kraftfeldern, enthält. Dieses Weltbild ist ein begriffliches Symbol, dessen Realität allein auf der festen Zuordnung zu den sinnlich gegebenen Erscheinungen beruht.

Wir wollen nun ganz das fundamentale Problem beiseite lassen, das heute die theoretische Physik in Atem hält, ob nämlich eine eindeutige Konstruktion dieser Art überhaupt möglich ist, und welche Voraussetzungen und Einschränkungen für seine Widerspruchslosigkeit gemacht werden müssen. Aber so viel ist jedenfalls sicher, daß es sich nicht auf psychisches Geschehen mitbezieht, auch nicht auf die Zuordnung desselben zu den letzten körperlichen Elementen.

Wenn man deshalb etwa auch für die Chemie hoffen kann, noch ein solches System von Zuordnungen zu schaffen und jeden qualitativen Tatbestand, etwa eine Farbreaktion, auf einen quantenmechanischen Vorgang zurückzuführen, aus dem er vorhergesagt werden könnte, so müssen wir auf eine restlose Einordnung des Gegenstandes der Biologie in ein solches Weltbild verzichten. Schon die erste Abstraktion, die der Physiker zur Konstruktion seines Weltbildes vornimmt, die Abstraktion von dem Verhältnis des Gegenstandes zum Betrachter, ist in der Physiologie nicht mehr zulässig, da es selbst einen Teil der Sinnesphysiologie ausmacht.

Auch die Physiologie als Wissenschaft geht natürlich über das rein phänomenologisch Gegebene hinaus. Täte sie es nicht, so käme sie zu den Irrtümern, wie sie GOETHE in seiner Farbenlehre beging, als er ein Phänomen aus Urphänomen erklären wollte und bestritt, daß es hinter den Phänomenen noch eine Wahrheit gäbe. Auch die Physiologie und die allgemeine Biologie haben ihre kausalen Theorien, wie die schon erwähnte Vererbungswissenschaft: die Gesetze der Entwicklungsmechanik und ähnliches und so auch die Theorien der physikalisch-chemischen Mechanismen, auf die wir in der Physiologie einen Teil der vitalen Funktionen zurückführen können. Diese kausalen Mechanismen zu suchen und aufzuklären, bleibt immer die vornehmste Aufgabe unserer Wissenschaft; diese Mechanismen gehören auch zum Weltbild der Physik, aber dabei muß man sich bewußt bleiben, daß diese Mechanismen nicht selbst die letzten Einheiten der Physiologie sind. Dies sind vielmehr die autonom gestalteten Lebenseinheiten, die sich nicht mehr auf ein System von Massenpunkten reduzieren lassen.

Man macht in naturwissenschaftlichen Kreisen häufig der Philosophie, die man mit dem oberflächlichen Schmähwort der Schulphilosophie belegt, den Vorwurf, daß sie alle großen Entdeckungen der empirischen Wissenschaften mit der Behauptung quittiere, sie selbst hätte das alles schon vorher gewußt. Nun, die Schulphilosophie ist so wenig eine Einheit wie die Schulwissenschaft. Echte wissenschaftliche Philosophie kann wohl nichts anderes tun, als die von den einzelnen Wissenschaften aufgestellten Theoreme unter dem Gesichtspunkt ihrer Vereinbarkeit mit anderen Theoremen zu prüfen und nicht nur mit solchen, die von derselben Wissenschaft, sondern auch mit denen, die von andern Wissenschaften aufgestellt sind. So prüft sie nicht nur die innere Widerspruchs-

losigkeit des physikalischen Weltbildes, sondern hat auch die Einordnung dieses Weltbildes in ein Ganzes vorzunehmen, indem die scheinbaren Widersprüche zwischen den Weltbildern dadurch zum Verschwinden gebracht werden, daß diese Bilder relativiert werden. Letzten Endes wird so das Ganze der wissenschaftlichen Wahrheit relativiert gegenüber der höheren Wahrheit, die nicht mehr die unseren Sinnen erkennbaren Erfahrungsdinge zum Gegenstand hat, sondern das, was hinter den Dingen liegt, den Sinn der Welt, den sie mit den Mitteln künstlerischer und religiöser Einsicht zu deuten sucht.

Ein solches philosophisches Unternehmen, das heute dringend gefordert wird, kann unmöglich an den Leistungen KANTs und seiner naturwissenschaftlich orientierten Nachfolger vorbeigehen, weil hier die grundlegenden Einsichten zu solcher Relativierung der Erkenntnis in der Lehre des transzendentalen Idealismus gefunden worden sind. Die Feststellung, daß manche seiner Folgerungen irrtümlich und zeitbedingt waren, kann daran nichts ändern. Es scheint mir deshalb von KANT dasselbe zu gelten, was EDDINGTON [15] von NEWTON sagt: „Sich einzubilden, daß NEWTONs wissenschaftlicher Ruhm mit den Umwälzungen unserer Tage auf und ab schwanke, hieße Wissenschaft und Allwissenheit verwechseln."

Man wird aber von der wissenschaftlichen Philosophie nur die widerspruchslose Ordnung des Systems der wissenschaftlichen Theorien erwarten und keine Voraussage ihrer Inhalte. So möchte ich zum Schluß noch darauf hinweisen, daß z. B. in der KANTischen Naturphilosophie die „Polarität" keine Stelle hat und daß dieses Naturprinzip erst bei GOETHE und den Romantikern in Erscheinung tritt.[16] Dies hängt unzweifelhaft damit zusammen, daß um die Jahrhundertwende die aufsehenerregenden Entdek-

kungen, vor allem der französischen Physiker, über die polaren Eigenschaften der Elektrizität gemacht wurden, die den vorher nur am Eisenmagneten erkannten Dualismus der Kraftwirkung auf eine äußerst breite Basis stellten. In der Tat hat sich dann in unserm Jahrhundert diese Polarität der Elektrizität und nicht die von KANT allein berücksichtigte mechanische Trägheit und Anziehung der Stoffe als die wahre Baumeisterin der Materie erwiesen. Aber den Ruhm dieser Entdeckung wird man nicht der Philosophie zuerkennen, am allerwenigsten der romantischen, die nicht das geringste Verständnis für die exakten Wissenschaften besaß, sondern allein der experimentellen Physik. Damit möchte ich schließen, nachdem ich Ihnen meine Meinung über das Verhältnis der empirischen Wissenschaften zur Philosophie am Beispiel der Physiologie zu erläutern versucht habe.

Literatur-Verzeichnis.

1) Niels Bohr: „Atomtheorie und Naturbeschreibung.“ Berlin 1931; ferner: „Licht und Leben.“ „Die Naturwissenschaften“, 21. Jahrgang, Seite 245. 1933.

2) P. Jordan, „Die Naturwissenschaften“, 20. Jahrgang, Seite 815. 1932.

3) O. Warburg: „Über die katalytischen Wirkungen der lebendigen Substanz.“ Berlin 1928; „Les prix Nobel.“ Stockholm 1931.

4) Hans Fischer, „Die Naturwissenschaften“, 18. Jahrgang, Seite 1026. 1930.

5) O. Meyerhof: „Die chemischen Vorgänge im Muskel.“ Berlin 1930; „Scientia“, Seite 321. 1933; O. Meyerhof und K. Lohmann, „Die Naturwissenschaften“, 20. Jahrgang, Seite 387. 1932.

6) Vergleiche den in mancher Hinsicht verwandten Standpunkt von J. S. Haldane: „Die philosophischen Grundlagen der Biologie.“ „Donellan Lectures.“ Berlin 1932.

7) Kant: „Kritik der Urteilskraft“, Seite 337 f. Originalausgabe, 2. Auflage.

8) D. B. Hand in „Fortschritte der Enzymforschung“, 2. Band, Seite 278. 1933.

9) Vergleiche Kowalewsky: „Über die Antinomienlehre als Begründung des transzendentalen Idealismus.“ „Abhandlungen der Fries'schen Schule“, Neue Folge, vierter Band, Seite 693. 1918.

10) O. Meyerhof: „Zur Energetik der Zellvorgänge.“ „Abhandlungen der Fries'schen Schule“, Neue Folge, vierter Band, Seite 427. 1914; „Thermodynamik des Lebensprozesses.“ „Handbuch der Physik“, 2. Band, Seite 238. 1926.

11) E. D. Adrian, „Harvey Lectures“, 27. Jahrgang, Seite 57. Baltimore 1932; „Les Prix Nobel.“ 1932.

12) Hartline A. Graham: „Jl. cellular and comparative Physiology“, 1. Jahrgang, Seite 277. 1932.

13) S. Hecht: „Asher-Spiros Ergebnisse der Physiologie“, 32. Jahrgang, Seite 245. 1931.

14) Bautzmann, Holtfretter, Spemann und Mangold, „Die Naturwissenschaften“, 20. Jahrgang, Seite 971. 1932.

15) Eddington: „Das Weltbild der Physik.“ Braunschweig 1931.

16) Vergleiche hierzu O. Meyerhof: „Über Goethes Methode der Naturforschung.“ „Abhandlungen der Fries'schen Schule“, Neue Folge, dritter Band, Seite 383. 1910.

Druck von Oscar Wettig, Gelnhausen.